



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVISTĚ PRO SKLÁDÁNÍ VÝROBKŮ

THE DESIGN OF AUTOMATIZED WORKING PLACE FOR PRODUCT ASSEMBLY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB RUSNÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Rusnák Jakub

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh automatizovaného pracoviště pro skládání výrobků

v anglickém jazyce:

The design of automatized working place for product assembly

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést komplexní návrh buď částečně , nebo plně automatizovaného pracoviště pro skládání výrobků – keramických filtrů – kvádrovitého tvaru do přepravních kartónových krabic , přičemž sestava musí být schopna (označení projektu – Keramické Filtry – Verse 01) :

- přepravit výrobky – filtry – z prostoru předcházející operace – vypalování – do prostoru pro manipulaci do krabic (pásový dopravník)
- složit kartónové krabice z rozloženého stavu do sestavy a umístit na pozici pro vkládání výrobků
- manipulaci s výrobky tak aby se skládaly do sestav v učených prostorových maticích

Cíle bakalářské práce:

1. Přehled současného stavu poznání.
2. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu.
3. Vymezení cílů práce.
4. Návrh metodického přístupu k řešení.
5. Návrh řešení vybraných částí systému.
6. Závěr - konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení

Seznam odborné literatury:

1. BRENÍK, P.; PÍČ, J. Obráběcí stroje - konstrukce a výpočty. 2. vyd. Praha: SNTL, 1986. 573 s. ISBN 04-235-86
2. ŽENÍŠEK, J.; JENKUT, M. Výrobní stroje a zařízení. 2. vyd. Praha: SNTL, 1990. 276 s. ISBN 04-222-90
3. BOLEK, A.; KOCHMAN, J. a kol. Části strojů I a II. Technický průvodce 6 Praha: SNTL, 1990.
4. NĚMEC, J.; DVOŘÁK, J.; HOSCHL, C. Pružnost a pevnost ve strojírenství. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988.
5. Strojírenská příručka 1. - 8. díl. 1. vyd. Praha: Scientia. 1992-1998, ISBN 80-03-00-680-5, ISBN 80-85827-00-x, ISBN 80-85827-23-9, ISBN 80-85827-58-1, ISBN 80-85827-59-x, ISBN 80-85827-88-3, ISBN 80-7183-024-0
6. DRASTÍK, F. Normativně technická dokumentace. Ostrava: Montanex, 1998.
7. Nařízení vlády č. 24/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na strojní zařízení
8. ČSN ISO 7144 Formální úprava disertací a podobných dokumentů. Praha: ČSN, 1996. 21 s. ICS 01.140.20
9. ČSN ISO 690-1: 1996. Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha: ČSN, 1996. 32 s.
10. KOLÍBAL, Z.: Průmyslové roboty II - Konstrukce výstupních hlavic a periferií. VUT Brno, 1993
11. PALKO, A.- SMRČEK, J.: Koncové efektory pre priemyselné a servisné roboty. TU Košice, 2004, ISBN 80-8073-218-3
12. ČELPANOV, I. B.: Schvaty promyšlených robotov. Mašinstrojenie, 1989
13. MATIČKA, R.- TALÁCKO, J.: Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů. SNTL Praha, 1991

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Bradáč, Ph.D.


Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 1.12.2008



Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá konstrukčním řešením části automatizovaného pracoviště, konkrétně manipulátoru na přeložkový papír. V první části práce popsáno pracoviště. Následuje návrh konstrukce efektoru, manipulátoru a pohonů. V poslední části pak řešen pneumatického systému. Součástí práce je 3D model manipulátoru.

KLÍČOVÁ SLOVA


manipulátor, přeložkový papír, automatizované pracoviště, ukládání výrobků, pneumatický válec, vakuum, ejektor

ABSTRACT

This thesis is deal with design solution of the part of automatized working place, concretely inset-paper manipulator. The first part describes working place. After that fallows design of effector, manipulator construction and propulsions. In the last part is solved pneumatic system. The part of thesis is 3D model of inset-paper manipulator.


KEY WORDS

manipulator, inset-paper, automatized working place, product storing, pneumatic roll, vacuum, ejector

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RUSNÁK, J. *Návrh automatizovaného pracoviště pro skládání výrobků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. František Bradáč, Ph.D.





	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Návrh automatizovaného pracoviště pro skládání výrobků* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Františka Bradáče, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 29. května 2009

vlastnoruční podpis autora

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Františku Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce, užitečné a cenné rady. Rovněž také Ing. Stanislavu Čechákovi, majiteli konstrukční kanceláře, za poskytnutí tématu bakalářské práce, za užitečné a cenné rady, které pomohly k jejímu vypracování. Dále také pracovníkovi SMC Ing. Jiřímu Zavřelovi za ochotu a odbornou pomoc.

OBSAH

1. ÚVOD	14
2. ŘEŠENÍ AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVISTĚ	15
2.1 3D KAMERA	15
2.2 MANIPULAČNÍ ROBOT	16
2.3 ZAKLÁDÁNÍ A DOPRAVA KRABIC	16
2.4 ZÁSOBNÍK PŘELOŽKOVÉHO PAPIRU	16
3. CHARAKTERISTIKA MANIPULÁTORU MJP-01	18
4. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ MANIPULÁTORU	19
4.1 ŘEŠENÍ KONCOVÉHO EFEKTORU	19
4.1.1 VÝPOČET PRŮMĚRU PŘÍSAVKY	20
4.1.2 NOSNÁ KONSTRUKCE PŘÍSAVEK	21
4.2 NÁVRH POHONU ZDVIHU	21
4.3 UCHYCENÍ VÁLCE MGP	23
4.4 NÁVRH POHONU ROTAČNÍHO POHYBU	23
4.4.1 VÝPOČET VELIKOSTI PROTI ZÁVAŽÍ RAMENE	35
4.4.1.1 Velikost tíhové síly od konce manipulátoru:	26
4.4.1.2 Velikost tíhové síly od profilu (a_1)	26
4.4.1.3 Velikost tíhové síly od profilu (a_2)	26
4.4.1.4 Ohybový moment od konce manipulátoru	26
4.4.1.5 Ohybový moment od profilu (a_1)	26
4.4.1.6 Ohybový moment od profilu (a_1)	26
4.4.1.7 Hmotnost protizávaží	26
4.4.1.8 Velikost síly reakce	27
4.4.2 VÝPOČET POTŘEBNÉ SÍLY VÁLCE	27
4.4.2.1 Velikost úhlového zrychlení	28
4.4.2.2 Velikost setrvačné síly od konce manipulátoru	28
4.4.2.3 Velikost setrvačné síly od protizávaží	28
4.4.2.4 Velikost setrvačného momentu od profilu (a_1 a a_2)	28
4.4.2.5 Celkový setrvačný moment k ose rotace	28
4.4.2.6 Potřebná unášecí síla pístu	28
4.4.2.7 Síla působící na doraz	29
4.4.2.8 Minimální průměr pístu	29
4.4.3 VOLBA VELIKOSTI ZDVIHU VÁLCE	29
4.5 NÁVRH ULOŽENÍ RAMENE MANIPULÁTORU	29
4.6 ŘEŠENÍ STOJANU MANIPULÁTORU	31
5. PNEUMATICKÉ A OVLÁDACÍ PRVKY	32
5.1 VĚTEV KYVNÉHO POHONU	32
5.2 VĚTEV ZDVIHU	32
5.3 VĚTEV VAKUA	33
6. ZÁVĚR	34
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	35
8. SEZNAM OBRÁZKŮ	36
9. SEZNAM PŘÍLOH	37

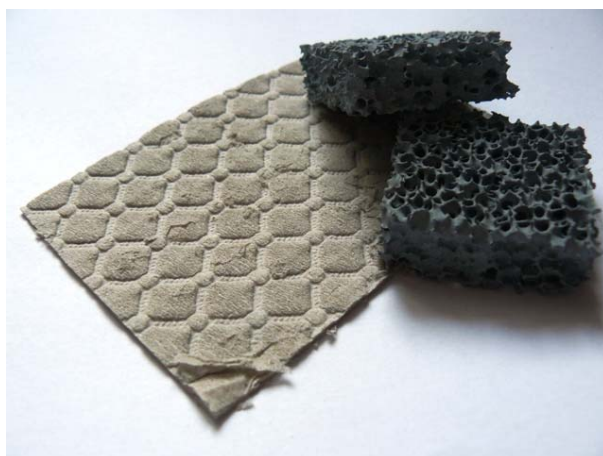
1. ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je konstrukční řešení vybrané části pracoviště pro skládání výrobku (pórovitý a křehký keramický filtr s pevností v tlaku do 1 MPa).

Pracoviště bylo řešeno jako firemní zakázka (zpracování konstrukčního řešení a realizace výkresové dokumentace) a z převážné většiny konstrukčně vyřešené, v bakalářské práci jsem se proto zaměřil na manipulátor přeložkového papíru MJP-01 (dále jen manipulátor), jenž jsem řešil v rámci této zakázky.

Manipulátor musí být schopen uchopit přeložkový papír a přesunout jej do krabice v nejkratším možném čase. Papír má rozměry 560x370x1mm, je výrazně prodyšný a měkký, tudíž musí být manipulátorem dopraven až na vrstvu filtrů (popřípadě dno krabice), teprve posléze upuštěn. Papíry si odebírá manipulátor ze zásobníku založeného pracovníkem na začátku pracovní směny.

Konstrukční řešení manipulátoru by mělo brát ohled na výrobní možnosti zákazníka, tudíž použít normalizované součásti, profily a komponenty, nikoliv odlitky a součásti příliš tvarově komplikované.



Obr.1.1 Filtry a přeložkový papír



2. ŘEŠENÍ AUTOMATIZOVANÉHO PRACOVISTĚ

Pracoviště musí umožnit rozložení hotových výrobků (keramických filtrů) do matic předepsaných parametrů, to znamená pro různé rozměry filtrů, rozestupy mezi jednotlivými výrobky a více typů obalového materiálu. Jako obalový materiál se budou používat kartónové krabice o rozměrech 580x380x190mm nebo 580x380x260mm. Jednotlivé matice (vrstvy) budou prokládány přeložkovým papírem a vrstveny do krabic až po její naplnění.

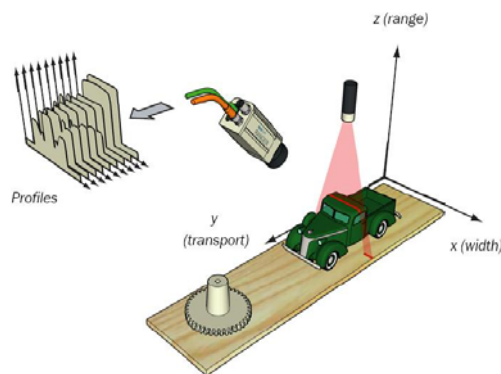
Na vstupu do manipulátoru je požadována vstupní rozměrová kontrola filtrů s vyřazením nevyhovujících kusů.

Zásobník výrobků na vstupu by měl být dimenzován na větší množství výrobků. Celé pracoviště bude obsluhovat jeden proškolený pracovník, jehož náplní bude složení kartonových krabic, zajištění ohybů proti zavření a založení krabice do zásobníku, zalepení krabic na výstupu a jejich další paletizaci a průběžné doplňování zásobníku přeložkového papíru.

Filtry jsou z předchozí výrobní operace přiváženy pásovým dopravníkem (PD-01). Filtry jsou po vypálení ochlazeny na teplotu okolí, proto je možné použít plochý gumový pás. Filtry jsou na pásu rozmístěny náhodně a naležato. Pro případ náhodného postavení filtru na hranu při dopadu na dopravník je ve výšce 30mm nad povrchem pásu instalována lišta sloužící k překlopení filtru. Pásový dopravník je poháněn elektromotorem, jehož otáčky jsou regulovány pomocí měniče frekvence ovládaného centrální řídicí jednotkou. Jak je patrné ze schématu půdorysu (příloha 1) dopravník směřuje do prostoru oploceného bezpečnostním hrazením (K-01) a na vjezdu do tohoto prostoru je umístěna 3D kamera (IB-01).

2.1 3D KAMERA

Typ 3D-kamera je RANGER-E od firmy SICK IVP. Zařízení (Obr.2.1) se skládá z plošného laseru (neemituje záření do jednoho bodu, ale na úsečku), vysokofrekvenční kamery a příslušného softwarového vybavení. Laser osvětluje určitou oblast a při průjezdu předmětu (filtru) kamera nastavená pod předem definovaným úhlem zaznamená vnější reliéf v ose z (range) předmětu. Kamera zaznamená vždy jeden řez v daném okamžiku. Posouváním předmětu (pásu) ve směru y (transport) tak vytvoří 3D reliéf součásti. Kamera má velmi vysokou přesnost. Software je pak schopen určit přesnou polohu, rozměry a natočení jednotlivých filtrů na dopravníku. Tyto data pak využívá manipulátor filtrů, jenž je skládá do krabice.



Obr.2.1 - Ukázka funkce 3D kamery

2.2 MANIPULAČNÍ ROBOT

K ukládání filtrů do krabice slouží robot firmy KUKA typ KR5sixxR850 (dále KUKA). Tento robot má nosnost 5kg, dosah 850mm a rychlost $7,6\text{ms}^{-1}$ při opakovatelné přesnosti 0,03mm.^[9] Robot je umístěn ve výšce dopravníku, je 6-ti osý, což mu umožňuje osáhnout s úchopovou hlavicí na dno krabice. Úchopová hlavice je umístěna na upínací ploše ramene robota, jedná se o konzolovou desku, na níž jsou umístěny 4 pneumatické prvky zabezpečené proti pootočení na konci s paralelním chapadlem firmy Schunk. Pacičky chapadla jsou upraveny a řešeny pomocí tenkého plechu, aby bylo dosaženo minimálních mezer mezi uloženými filtry. Robot z výchozí polohy najede do polohy nad filtr dle údajů z 3D kamery, natočí do polohy vhodné pro uchopení, vysune pneumatický prvek, chapadlem uchopí filtr. Tento sled operací se opakuje do naplnění všech 4 chapadel a následuje přesun nad krabici a vyskládání filtrů vždy ob jeden kus (jako šachovnici). Mezery se zaplní během dalšího vyskládání. Touto formou manipulace se výrazně šetří čas, v tomto případě je jeden filtr uložen do krabice za 2,3s. Pro snadnou změnu sortimentu je navrženo 8 sad úchopných hlavíc dle rozměrů filtrů. Software pro rozpoznávání polohy filtrů je schopen vyhodnotit rozměrově neshodné či poškozené kusy, tyto pak nebudou robotem přemístěny do krabice a po dojetí na konec pásu spadnou do odpadní bedny.



Obr.2.2 - KR5sixxR850 [9]

2.3 ZAKLÁDÁNÍ A DOPRAVA KRABIC

Obsluha pracoviště průběžně skládá kartonové krabice z připraveného polotovaru a jejich chlopně zajistí proti zavírání gumou, krabice pak uloží na válečkovou trať (GD-01). Trať slouží jako zásobník krabic, je skloněn o 30° , aby bylo docíleno samovolného sjezdu krabic na pásový dopravník (PD-02), a vodičími plechy pro vyrovnání krabic. Jakmile krabice sjede na pás dopravníku je unášena dopravníkem než dojedou do požadované polohy, v té projede optickou bránou, která dá impuls k zastavení dopravníku (řízen elektromotorem s měničem frekvence) a sepnutí středícího mechanismu (SB-01). Mechanismus pomocí čtyř pacek, ovládaných přes páku pneumatickým válcem, upne krabici v přesné poloze. Po vyskládání všech vrstev je krabice uvolněna, zapnut pás a plná krabice dojedou skrz optickou bránu na válečkovou trať sloužící jako přechodný zásobník. Při naplnění zásobníku brána zapíná světelnou signalizaci obsluhy, ta pak krabici zabalí a přeloží na paletu připravenou k expedici.

2.4 ZÁSObNÍK PŘELOŽKOVÉHO PAPÍRU

Mezi jednotlivé vrstvy filtrů je pokládán přeložkový papír, ten je ze zásobníku (ZPO-01) ukládán do krabice manipulátorem MJP-01 (viz 3 kapitola). Zásobník papíru je otočný s osou rotace umístěnou na ochranném hrazení a má dva

zásobníky. Jeden je uvnitř pracovního prostoru a je z něj odebírán papír, druhý zásobník je vně hrazení, tudíž do něj může obsluha bezpečně založit papír bez nutnosti zastavení chodu manipulátoru. Zásobník se dá otáčet a v koncových polohách je zajištěn elektricky ovládanými zápatkami znemožňujícími otočení během zdvihu papíru. Zásobník je opatřen optickým čidlem pro detekci nedostatku papíru a signalizaci obsluze.

Pracoviště je oploceno hrazením (K-01), které slouží k zamezení přístupu personálu do pracovního prostoru automatizovaných zařízení. Přístup do tohoto prostoru je možný po bezpečném vypnutí chodu zařízení a to k tomu určenými servisními vrátky. Vrátky jsou umístěna na obou stranách dopravníku PD-02, a to pro snadný servisní přístup manipulátoru MJP-01 a robota KUKA. Také jsou opatřeny optickými bránami sloužícími k nouzovému zastavení činnosti strojů při průchodu osoby během provozu. Pracoviště je dále vybaveno výstražnými majáky indikujícími provoz či signalizaci (prázdného zásobníku papíru, plné tratě GD-02) a centrálními bezpečnostními vypínači na strategických místech.

3. CHARAKTERISTIKA MANIPULÁTORU MJP-01

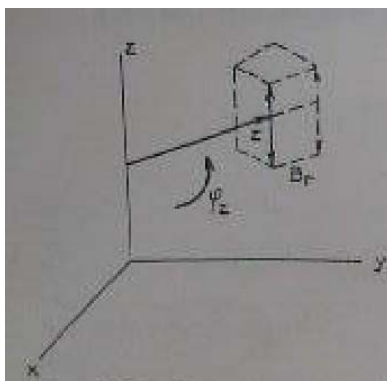
Jedná se o jednoúčelový manipulátor, jakož takový je určen zejména pro automatizaci manipulačních prací u jednoúčelových strojů a linek pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Má omezenou funkci a to manipulaci s jedním určitým předmětem nebo s předměty geometricky si podobnými (v malém rozsahu změn rozměrů).^[1]

Vzhledem k uspořádání pracoviště a hlavně v závislosti na řešení podavače papíru (ZPO-01) jsem řešil hlavní pohyb manipulátoru jako rotační kolem osy Z. Druhý potřebný pohyb je translační v ose Z, který zajišťuje zvedání přeložkového papíru ze zásobníku a jeho ukládání do krabice. Vzhledem k nutnosti dopravy přeložkového papíru až na dno krabice (při první manipulaci a následně na každou další vrstvu filtrů) je nutné, aby byl translační pohyb v ose Z (dále zdvih) realizován na konci ramene manipulátoru. V případě realizace zdvihu manipulátoru v ose rotace je nutné konstrukční řešení pomocí převisu.

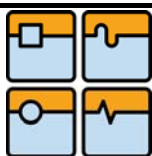
Z výše uvedených charakteristik plyne, že se bude jednat o jednoúčelový manipulátor se dvěma stupni volnosti typu P.^[1]

Manipulátor bude řízen centrální řídicí jednotkou obsluhující celé pracoviště. Vzhledem k možnosti přístupu k centrálnímu rozvodu stlačeného vzduchu a elektrické sítě mohou být pohony realizovány jako elektrické popřípadě pneumatické.

Jelikož je pracoviště chráněno hrazením s výstražnými majáky, atd. není nutné vybavovat samostatný manipulátor ochrannými prvky tohoto typu.



Obr. 3.1 – Uspořádání “P” [1]



4. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ MANIPULÁTORU

Při konstrukčním řešení manipulátoru jsem se zaměřil na co největší využití normalizovaných součástí, profilů a komponent. Také jsem snažil o snížení finančních nákladů na montáž, provoz a údržbu. Jelikož se jedná o jednoúčelový manipulátor, tak také na jeho dobrou seřiditelnost, nastavení koncových dorazů atd.

Všechny použité komponenty (pohony, pneumatické prvky, snímače polohy, ventily, atd.) budou použity z katalogu firmy SMC^[3], proto v následujícím textu bude uveden jen objednávací kód výrobku např. (ok: ZPT10CNJ10-06-A10)

4.1 ŘEŠENÍ KONCOVÉHO EFEKTORU

Přeložkový papír o rozměrech 560x370x1 mm je vyroben z recyklovaného papíru, je prodyšný a měkký. Konstrukce efektoru proto musí zajišťovat papíru oporu proti ohnutí či srolování. Efektor musí umožnit uchopení papíru, který je naskládán na sobě v zásobníku v určené poloze. Také musí mít v půdoryse vnější rozměry menší než krabice z důvodu jeho zasouvání na její dno, což je hlavní důvod nemožnosti realizace pokládání papíru pomocí např. automatického válcového podavače.

Jedno z možných řešení je uchopování pomoví elektrostatického náboje. Toto řešení spočívá v dodání elektrického náboje na vodivou desku. Vlivem rozdílnosti náboje vznikne elektrostatická síla, která zajistí přichycení papíru na spodní stranu desky. Po dodání opačného náboje nebo uzemnění desky dojde k uvolnění papíru. Vzhledem k nutnosti použití výkonného ionizéru, izolace zásobníku papíru, manipulátoru a další ochranu před vysokými hodnotami napětí (tím spojenou zvýšenou cenou a sníženou bezpečností) je toto řešení nevhodné.

Další možné řešení je pomocí vakuových přísavek. Jde o metodu v technické praxi při uchopování a manipulaci s materiálem hojně využívanou.

Přísavky mají různé tvary, rozměry a jsou zhotoveny z různých materiálů. Podle manipulovaného předmětu rozlišujeme čtyři základní tvary přísavek^[2]:

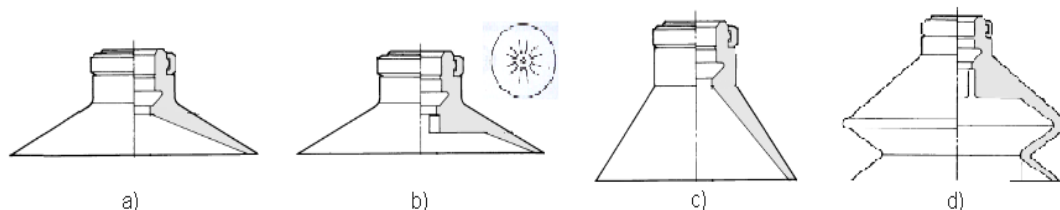
Plochá přísavka – je vhodná pro uchopení předmětu z pevného materiálu s hladkou a rovnou plochou.^[2]

Plochá přísavka s opěrnými žebry – se doporučuje pro uchopení předmětů z poddajných materiálů, které by se mohly vakuem v ploché přísavce deformovat. Také v případech, kdy síla působí kolmo na osu přísavky. Opěrná žebra uvnitř přísavky jsou tuhá a zvětšují plochu, potřebnou k přenosu síly třením mezi přísavkou a předmětem.^[2]

Hluboká přísavka – je vhodná pro uchopení předmětů se zaoblenými plochami (kulovými).^[2]

Přísavka s měchem – se přizpůsobí různým nerovnostem nebo menším výškovým rozdílům povrchu manipulovaného předmětu. Po dosažení potřebného vakua předmět mírně nadzvednou. Nehodí se pro ukládání předmětu do přesně určené polohy, protože mají malou boční tuhost.^[2]

Upevnění přísavek se provádí buď pevným, nebo odpruženým držákem. S pevným držákem manipulátor uchopí a uvolní předmět v přesně definované poloze. Jednoduchá konstrukce pevného držáku představuje nejlevnější způsob uchycení přísavky. Odpružený držák umožňuje kompenzovat výškové rozdíly plochy manipulovaného předmětu, zajišťuje přitlačení přísavky vždy stejnou silou, což snižuje její opotřebení a mohou mít zajištění proti pootočení přísavky.^[2]



Obr.4.1 - Přísavky: a) plochá, b) s opěrnými žebry, c) hluboká, d) s měchem [4]

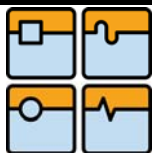
Materiály přísavek: Perbutan (NBR – nitrilbutadienový kaučuk) je výhodný a vyhovuje většině požadavků. Polyuretan (PU) stejné vlastnosti jako NBR a má větší odolnost proti opotřebení. Silikonový kaučuk (SI, poloprůhledný či mléčně zabarvený) se užívá často v potravinářském průmyslu a při manipulaci s díly s velmi náročným povrchem např. CD. Viton (FPM) je odolný vůči teplotám a olejům. Pro přísavky užívané ve výrobě elektronických součástek se používají elektricky vodivé materiály (nepřenáší náboj statické elektřiny).^[2]

4.1.1 VÝPOČET PRŮMĚRU PŘÍSAVKY

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot m \cdot g \cdot s \cdot 1000}{\pi \cdot p \cdot n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1 \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 1000}{\pi \cdot 20 \cdot 4}} = 7,9 \text{ mm} \quad (4.1)$$

D – průměr přísavky	[mm]
p – vakuum	[20 kPa]
m – hmotnost	[0,1 kg]
g – gravitační zrychlení	[9,81 ms ⁻²]
n – počet přísavek	[4 ks]
s – součinitel bezpečnosti (pro svislý a přídavný vodorovný pohyb = 4) ^[2]	[-]

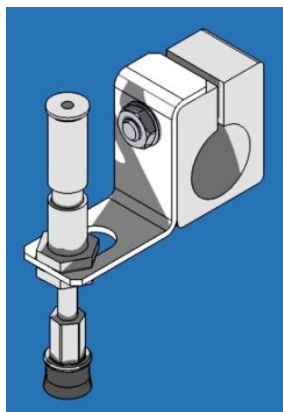
Vzhledem k povaze papíru volím plochou přísavku s opěrnými žebry o průměru 10 mm. Přísavka bude uchycena pomocí odpruženého držáku (ok: ZPT10CNJ10-06-A10). Výpočet byl prováděn pro 4 přísavky, použil jsem však přísavek 6, a to z důvodu zabránění průhybu papíru. Přísavky byla testována s odpovídajícím přeložkovým papírem a vyhověla již při 10% vakuu.



4.1.2 NOSNÁ KONSTRUKCE PŘÍSAVEK

Konstrukce by v první řadě měla být co nejlehčí, a to z důvodu možnosti užití pohonu s menšími rozměry, nosností a hmotností. Dále pak snadnou montáž, uchycení k pohonu a případnou přestavitelnost či rozměrové seřízení. Konstrukci jsem řešil pomocí hliníkových trubek ($\varnothing 20\text{mm}$) a úchytných prvků od firmy Kanya (systém RVS). Samotné uchycení držáku přísavky jsem realizoval pomocí plechu, který je přímo přišroubován na svěrný hliníkový držák (R02-15, systém RVS)^[5].

Vnější půdorysný rozměr se dá jednoduše měnit povolením šroubu v jednotlivých držácích. Tímto způsobem se také dá seřídit úhlové natočení celé konstrukce v jedné ose.



Obr. 4.2 - Uchycení přísavky



Obr. 4.3 - Konstrukce efektoru s přísavkami

4.2 NÁVRH POHONU ZDVIHU

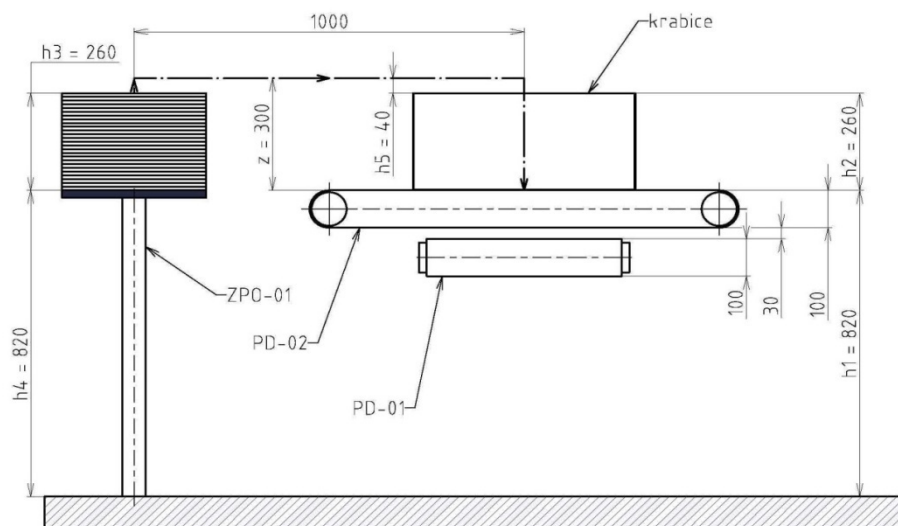
Zdvih je možné konstrukčně řešit umístěním pohonu v ose otáčení manipulatoru nebo na konci ramene. Výhodou první varianty je možnost spojení lineárního pohybu s pohybem rotačním. A to užitím dvou krokových motorů, první pro pohon pohybového šroubu a ovládání zdvihu příruby. V přírubě je otočně uložen drážkový hřídel, který se otáčí pomocí druhého krokového motoru. Při užití krokových motorů je také výhodou velká přesnost a snadné nastavení poloh jak u zdvihu, tak i rotace. Nevýhodou je ovšem nutnost pohybovat velkou masou materiálu a s tím spojené nároky na výkon pohonu. Nezanedbatelným faktorem je také vysoká cena a montážní náročnost. Z těchto důvodů volím zdvih na konci ramene manipulatoru. Toto řešení má hlavní výhodu ve velikosti pohonu, který zvedá pouze koncový efektor. Na druhou stranu hmotnost pohonu soustředěná na rameni manipulatoru vytváří větší setrvačný moment. Pohon proto musí být co nejlehčí.

Při každém pokládání přeložkového papíru se mění (zmenšuje) požadovaný zdvih pohonu (vždy o jednu vrstvu již položených filtrů) a postupně se snižující výška stohu papíru v zásobníku. V úvahu proto připadá lineární elektrický pohon, jelikož se jeho poloha dá programově nastavit v celém rozsahu zdvihu a

to velmi přesně. Nevýhodou u tohoto typu pohonu je jeho více jak dvojnásobná cena a váha oproti pneumatickému.

Dle výše uvedených hledisek jsem volil pneumatický lineární pohon. Hlavní nedostatek tohoto pohonu, nemožnost nastavení přesné polohy, jsem řešil volným spouštěním efektoru. To znamená, že po přepnutí ventilu (ok: EVS7-10-FG-S-3CVO) je píst tlačěn směrem dolů tíhou pístní tyče a efektoru spolu s minimálním tlakem vzduchu. Tlak vzduchu je nastaven regulačním ventilem (ok: AS2201FG-01-06S) na minimální potřebnou hodnotu k překonání počátečního odporu a k zajištění dosednutí konstrukce a rovněž aby příliš nezatížil filtry. Z důvodu samovolného spouštění jsem také volil odpružený držák přísavek. Při dosednutí přeložkového papíru na filtry nedojde k překročení jejich dovolené pevnosti v tlaku, tudíž lze toto řešení použít.

Manipulace s papírem bude probíhat následovně: manipulátor čeká ve výchozí poloze, po vyskládání poloviny filtrů je spuštěn efektor, který dosedne na paletu papíru. Vzhledem ke změně zdvihu je zařazena časová prodleva odpovídající maximálnímu zdvihu, je spuštěno vakuum, pohon zvedne efektor, po vyskládání všech filtrů ve vrstvě se rameno otočí do polohy nad krabicí, efektor opět volně klesne a po časové prodlevě zvedne (mezitím robot KUKA uchopuje první filtry a nedochází tím k časovým ztrátám), nakonec se rameno otočí do výchozí polohy.



Obr. 4.4 Výškové schéma pracoviště

Jak je patrné z Obr. 4.4 vzhledem k výšce větší krabice 260 mm a váze nosné konstrukce přísavek 1,6 kg jsem volil Kompaktní válec s vedením řady MGP s průměrem pístu 20 mm, zdvihem 300 mm a nosnou silou 118 N (ok: MGPM20TF-300). Tento pneumatický válec je vybaven vedením, které brání pootočení pístní tyče což je vzhledem k zajištění správné polohy přísavek žádoucí.

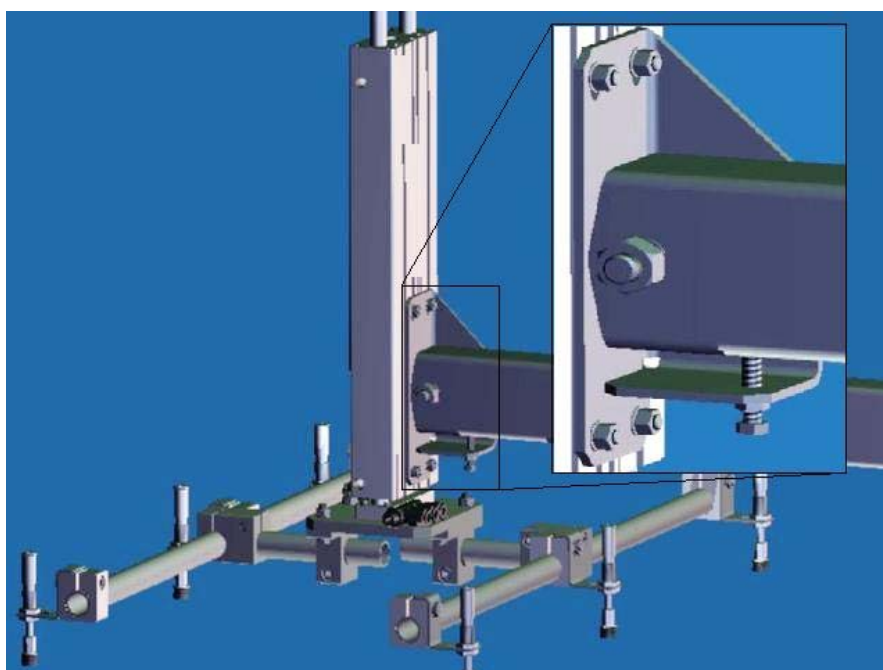


Obr.4.5 Válce MGP [4]



4.3 UCHYCENÍ VÁLCE MGP

Kompaktní pneumatický válec je sešroubován s plechem šrouby se zápusťnou hlavou (ČSN 02 1143 A M5x40), plech je uchycen lícovaným šroubem se šestihrannou hlavou (ČSN 02 1112 M10x58) k normalizovanému profilu obdélníkového tvaru (DIN EN 10219.2 - 60x40x2,5-1000). Šroub prochází trubkou (ČSN 426711 - 14-35x1,5), která je přivařena k vnitřní straně profilu a brání jeho zhroucení při velkém utažení. Toto uchycení umožňuje případné úhlové seřízení v jedné ose (druhé úhlové natočení lze provést na konstrukci držáku přísavek) seřizovacím šroubem (ČSN EN 24018 M5x25) v dolní části.



Obr.4.6 - Uchycení válce

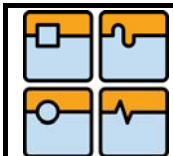
4.4 NÁVRH POHONU ROTAČNÍHO POHYBU

Pro pohon rotačního pohybu se dá použít servomotor. Servomotor je bezkartáčový synchronní motor s permanentními magnety na rotoru a třífázové vinutí ve statoru. Optimalizovaná konstrukce motoru s použitím nových magnetických materiálů dovozuje až 5ti násobné momentové přetížení a tyto motory jsou proto vhodné dynamicky náročné úlohy s nízkou spotřebou.^[6]

Vzhledem k čekacím časům manipulátoru (setrvávání v poloze nad zásobníkem papíru během skládání filtrů robotem KUKA) je frekvence pohybu ramene přibližně 1krát za minutu (v závislosti na velikosti filtru). Rameno se rovněž pohybuje mezi dvěma koncovými polohami. Využití servomotoru by proto nebylo efektivní a zaměřil jsem se na pohon pneumatický.

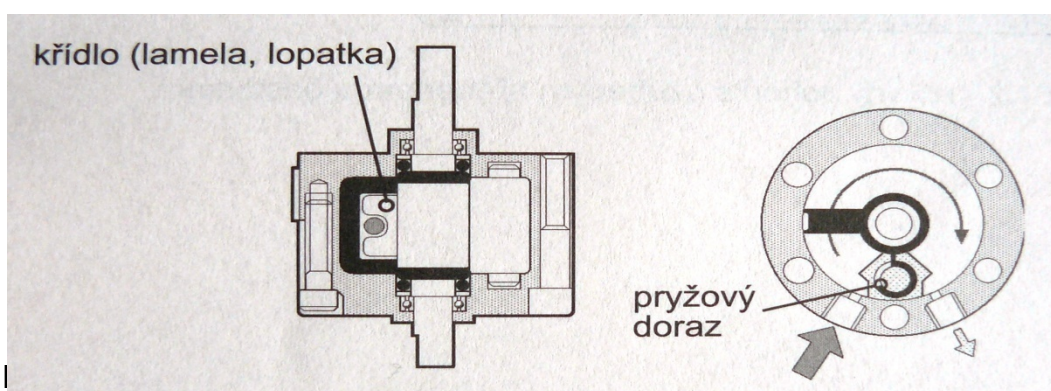
Pro rotační pohyb lze užít pneumatického kyvného pohonu, ty rozdělujeme na dva typy dle funkce:

Kyvné křídlové pohony: stlačený vzduch působí na jednu nebo dvě plochy křídla (lamely, lopatky), spojeného s hřídelí, uloženou ve valivých ložiskách.



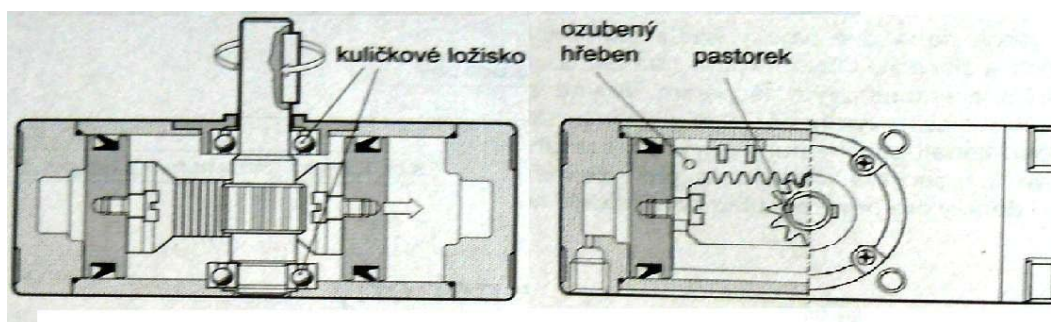
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Obvod křídla je proti tělesu pohonu utěsněn trojrozměrným elastomerovým těsněním. Kyvné pohony tohoto typu mají těleso válcového tvaru, vyrobené z hliníkových slitin. Výstupní členy (hřídele, příruby) těchto pohonů konají otáčivý pohyb kyvný v rozsahu 90° , 180° a 270° . Volný konec průchozí hřídele lze spojit s nástavcem pro upevnění snímačů polohy, s nástavcem s přestavitelnými dorazy pro omezení úhlu kyvu hřídele nebo kombinací obou nástavců. Předností pohonu je přímý přenos kroutícího momentu na výstupní hřídel, jednoduchá konstrukce s malým počtem součástí a absence mechanického převodu mezi hnacím a hnaným členem soustavy. Hlavní nevýhodou je netěsnost mezi křídlem rotoru a komorami tělesa, která se pohybuje v řádu několika cm^3/min .^[2]



Obr.4.7 - Kyvný pohon s rotorem s jedním křídlem s úhlem 270° [2]

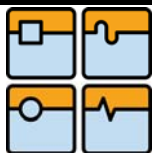
Kyvné pohony s ozubeným hřebenem a pastorkem: hřídel pohonu, uložená ve valivých ložiskách, tvoří s pastorkem jeden celek. Do ozubení pastorku zabíhá ozubení tyče, přesouvané do koncových poloh písty. Na tělese pohonu jsou drážky pro upevnění snímačů polohy. Výstupní hřídele těchto motorů konají otáčivý pohyb kyvný v rozsahu 90° nebo 180° . Ve srovnání s pohony s rotorem s křídlem dosahují větších kroutících momentů.^[2]



Obr.4.8 - Kyvný pohon s ozubeným hřebenem a pastorkem [2]

Vzhledem k malé nosnosti v ose a menším vyvozovaným momentům jsem se rozhodl pro řešení otočného pohonu pomocí lineárního pneumatického pohonu v kulisovém uspořádání.

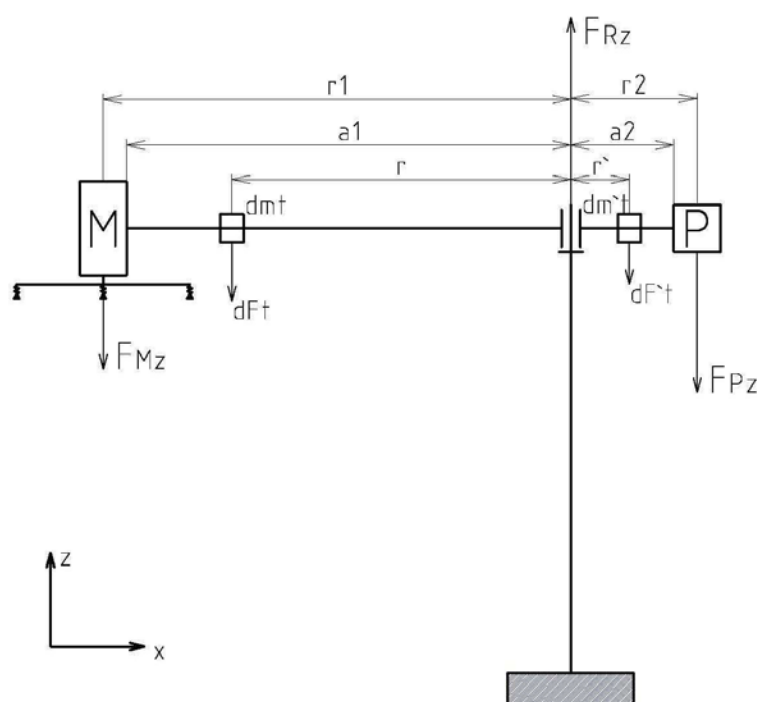
Kulisový mechanismus slouží k převodu rotačního pohybu na přímočarý nebo naopak. Přímočarý pohyb zajištěn pomocí pneumatického válce



s kruhovým průřezem čel. Pro určení požadovaného průměru je nutné provést výpočet síly vyvozené válcem.

4.4.1 VÝPOČET VELIKOSTI PROTI ZÁVAŽÍ RAMENE

Protizávaží je u ramene manipulátoru proto, aby nedocházelo k ohybovému momentu v rovině X-Z a tím zvýšenému namáhání ložisek a stojné trubky. Z předchozího konstrukčního řešení efektoru a volby pohonu zdvihu znám hmotnost konce manipulátoru (4,8 kg) a průřez profilu ramene. Z těchto hodnot můžu vypočítat velikost protizávaží.



Obr.4.9 - Schéma statického namáhání manipulátoru

M – hmotnost konce manipulátoru	[4,8 kg]
P – hmotnost protizávaží	[kg]
r_1 – rameno konce manipulátoru	[1 m]
r_2 – rameno protizávaží	[0,355 m]
a_1 – délka profilu ke konci manipulátoru	[0,98 m]
a_2 – délka profilu k protizávaží	[0,3 m]
F_{Mz} – tíhová síla od konce manipulátoru	[N]
F_{Pz} – tíhová síla od protizávaží	[N]
F_{Rz} – síla reakce	[N]
dm_t, dm'_t – elementární hmotnosti profilu	[kg]
dF_t, dF'_t – elementární tíhové síly od profilu	[N]
g – gravitační konstanta	[9,81 ms ⁻²]
S – průřez profilu	[459.10 ⁻⁶ m ²]
ρ – hustota materiál profilu	[7860 kg.m ³]

4.4.1.1 Velikost tíhové síly od konce manipulátoru:

$$F_{Mz} = M \cdot g = 4,8 \cdot 9,81 = 47,1 \text{ N} \quad (4.2)$$

4.4.1.2 Velikost tíhové síly od profilu (a₁):

$$dF_t = dm \cdot g \quad (4.3)$$

$$dF_t = dr \cdot S \cdot \rho \cdot g \quad (4.4)$$

$$F_t = \int_0^{a_1} S \cdot \rho \cdot g \cdot dr \quad (4.5)$$

$$F_t = S \cdot \rho \cdot g \cdot a_1 = 459 \cdot 10^{-6} \cdot 7860 \cdot 9,81 \cdot 0,98 = 34,7 \text{ N} \quad (4.6)$$

4.4.1.3 Velikost tíhové síly od profilu (a₂):

$$F'_t = S \cdot \rho \cdot g \cdot a_2 = 459 \cdot 10^{-6} \cdot 7860 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 10,6 \text{ N} \quad (4.7)$$

4.4.1.4 Ohybový moment od konce manipulátoru:

$$M_{o1} = F_{Mz} \cdot r_1 = 47,1 \cdot 1 = 47,1 \text{ N} \quad (4.8)$$

4.4.1.5 Ohybový moment od profilu (a₁):

$$M_{o2} = dF_t \cdot r \quad (4.9)$$

$$M_{o2} = \int_0^{a_1} S \cdot \rho \cdot g \cdot r \cdot dr \quad (4.10)$$

$$M_{o2} = S \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{a_1^2}{2} = 459 \cdot 10^{-6} \cdot 7860 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,98^2}{2} = 16,9 \text{ Nm} \quad (4.11)$$

4.4.1.6 Ohybový moment od profilu (a₂):

$$M_{o3} = S \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{a_2^2}{2} = 459 \cdot 10^{-6} \cdot 7860 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,3^2}{2} = 1,6 \text{ Nm} \quad (4.12)$$

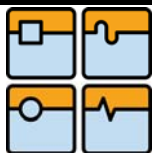
4.4.1.7 Hmotnost protizávaží:

Protizávaží musí svou hmotností (spolu s momentem od profilu a₂) vyvážit moment od konce manipulátoru a od profilu (a₁)

$$M_P = M_{o1} + M_{o2} - M_{o3} = 47,1 + 16,9 - 1,6 = 62,4 \text{ Nm} \quad (4.13)$$

$$F_{Pz} = \frac{M_P}{r_2} = \frac{62,4}{0,355} = 176 \text{ N} \quad (4.14)$$

$$P = \frac{F_{Pz}}{g} = \frac{176}{9,81} = 17,4 \text{ kg} \quad (4.15)$$



Jako protizávaží jsem zvolil tyč čtvercového průřezu (ČSN EN 10059 – 110x195) s hranou 110 mm, délce 195 mm a hmotností 18,8 kg. Hmotnost jsem upravil, protože rozložení hmotnosti se mírně změnilo vlivem šroubů, uchycení pneumatického válce atd. Velikost síly F_{Pz} je tím pádem 188N.

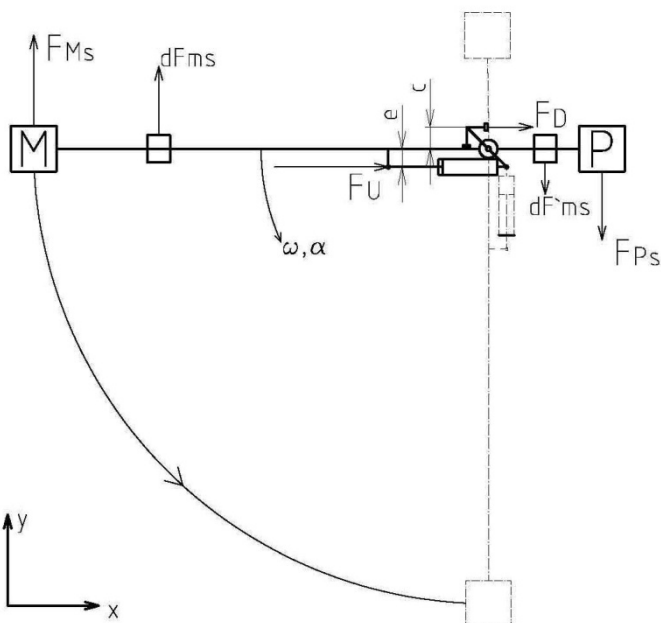
4.4.1.8 Velikost síly reakce:

Velikost síly reakce vyjadřuje celkovou hmotnost ramene manipulátoru a bude sloužit při pozdějším volbě ložisek.

$$F_{Rz} = F_{Mz} + F_{Pz} + F_t + F'_t = 47,1 + 188 + 34,7 + 10,6 = 280,4 \text{ N} \quad (4.16)$$

4.4.2 VÝPOČET POTŘEBNÉ SÍLY VÁLCE

Válec musí vyvinout dostatečnou sílu pro otočení ramene o 90° , která musí překonat setrvačné síly vzniklé zrychlením hmoty ramene. Pro výpočet jsem uvažoval čas otočení ramene o požadovaný úhel za $t = 1\text{s}$. Výsledný čas bude větší vlivem prodlev, než dojde k dosažení požadovaného tlaku válce a postupným zrychlováním ramene.



Obr.4.10 - Schéma dynamického namáhání manipulátoru

ω – úhlová rychlost	$[\text{rads}^{-1}]$
α – úhlové zrychlení	$[\text{rads}^{-2}]$
F_{Ms} – setrvačná síla od konce manipulátoru	$[\text{N}]$
F_{Ps} – setrvačná síla od protizávaží	$[\text{N}]$
dF_{ms}, dF'_{ms} – elementární setrvačné síly ramene	$[\text{N}]$
F_U – potřebná síla pístu válce	$[\text{N}]$
F_D – síla působící na doraz	$[\text{N}]$
e – vzdálenost os ramene a pneumatického válce	$[0,06 \text{ m}]$
c – vzdálenost dorazu od osy rotace	$[0,06 \text{ m}]$

4.4.2.1 Velikost úhlového zrychlení:

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} \rightarrow \omega = \alpha \cdot t \quad (4.17)$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \rightarrow \omega \cdot dt = d\varphi \quad (4.18)$$

$$\int_0^t \alpha \cdot t \cdot dt = \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi \quad (4.19)$$

$$\frac{\alpha \cdot t^2}{2} = \frac{\pi}{2} \quad (4.20)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{t^2} = \frac{\pi}{1^2} = 3,14 \text{ rads}^{-2} \quad (4.21)$$

4.4.2.2 Velikost setrvačné síly od konce manipulátoru:

$$F_{Ms} = M \cdot r_1 \cdot \alpha = 4,8 \cdot 1 \cdot \pi = 15,1 \text{ N} \quad (4.22)$$

4.4.2.3 Velikost setrvačné síly od protizávaží:

$$F_{Ps} = P \cdot r_2 \cdot \alpha = 18,8 \cdot 0,355 \cdot \pi = 20,9 \text{ N} \quad (4.23)$$

4.4.2.4 Velikost setrvačného momentu od profilu (a_1 a a_2):

$$dM_s = dF_{ms} \cdot r \quad (4.24)$$

$$dM_s = dm_t \cdot \alpha \cdot r \cdot r \quad (4.25)$$

$$dM_s = dV \cdot \rho \cdot \alpha \cdot r^2 \quad (4.26)$$

$$dM_s = dr \cdot S \cdot \rho \cdot \alpha \cdot r^2 \quad (4.27)$$

$$M_s = \int_0^{a_1} S \cdot \rho \cdot \alpha \cdot r^2 \cdot dr \quad (4.28)$$

$$M_{s1} = S \cdot \rho \cdot \alpha \cdot \frac{a_1^3}{3} = 459 \cdot 10^{-6} \cdot 7860 \cdot \pi \cdot \frac{0,98^3}{3} = 3,56 \text{ Nm} \quad (4.29)$$

$$M_{s2} = S \cdot \rho \cdot \alpha \cdot \frac{a_2^3}{3} = 459 \cdot 10^{-6} \cdot 7860 \cdot \pi \cdot \frac{0,355^3}{3} = 0,1 \text{ Nm} \quad (4.30)$$

4.4.2.5 Celkový setrvačný moment k ose rotace:

$$M_C = M_{s1} + M_{s2} + F_{Ms} \cdot r_1 + F_{Ps} \cdot r_2 \quad (4.31)$$

$$M_C = 3,56 + 0,1 + 15,1 \cdot 1 + 20,9 \cdot 0,355 = 26,2 \text{ Nm}$$

4.4.2.6 Potřebná unášecí síla pístu:

Síla musí být dostatečně velká, aby byla schopna překonat setrvačný moment ramene manipulátoru.

$$F_U = \frac{M_C}{e} = \frac{26,2}{0,06} = 436,3 \text{ N} \quad (4.32)$$



4.4.2.7 Síla působící na doraz:

$$F_D = \frac{M_C}{c} = \frac{26,2}{0,06} = 436,3 \text{ N} \quad (4.33)$$

4.4.2.8 Minimální průměr pístu:

Průměr pístu počítám pro dostupný tlak 0,5 MPa.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_U}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 436,3}{\pi \cdot 5 \cdot 10^5}} = 0,033 \text{ m} \quad (4.34)$$

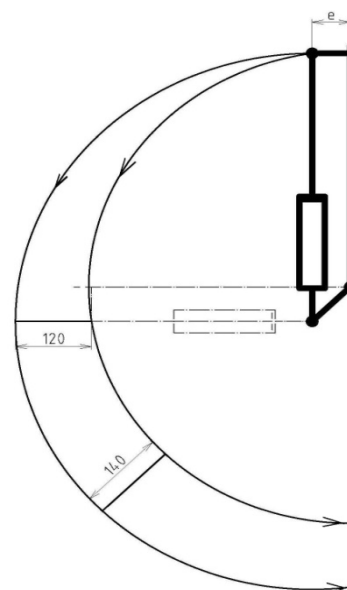
Z výsledků výpočtů volím pneumatický válec s kruhovým průřezem čel řady C75. Tento válec má průměr pístu 40 mm a je proto vyhovující.

4.4.3 VOLBA VELIKOSTI ZDVIHU VÁLCE

Jak je patrné z Obr.4.11, pro pootočení o úhel 90° při dané vzdálenosti $e=60\text{mm}$ je požadovaný zdvih 120mm. V případě potřeby lze rozsah manipulátoru rozšířit maximálně o úhel 15° na obě strany, což je dáno velikostními poměry průměru válce, velikosti profilu a vzdálenosti e . Maximální rozsah otočení ramene je 120° a je pro něj potřeba zdvih 144mm.

Z konečných rozměrů a výsledků výpočtu volím pneumatický válec s kruhovým průřezem čel řady C75 o průměru 40 mm a pracovním zdvihem 160 mm (ok: CD75E40-160C-A).

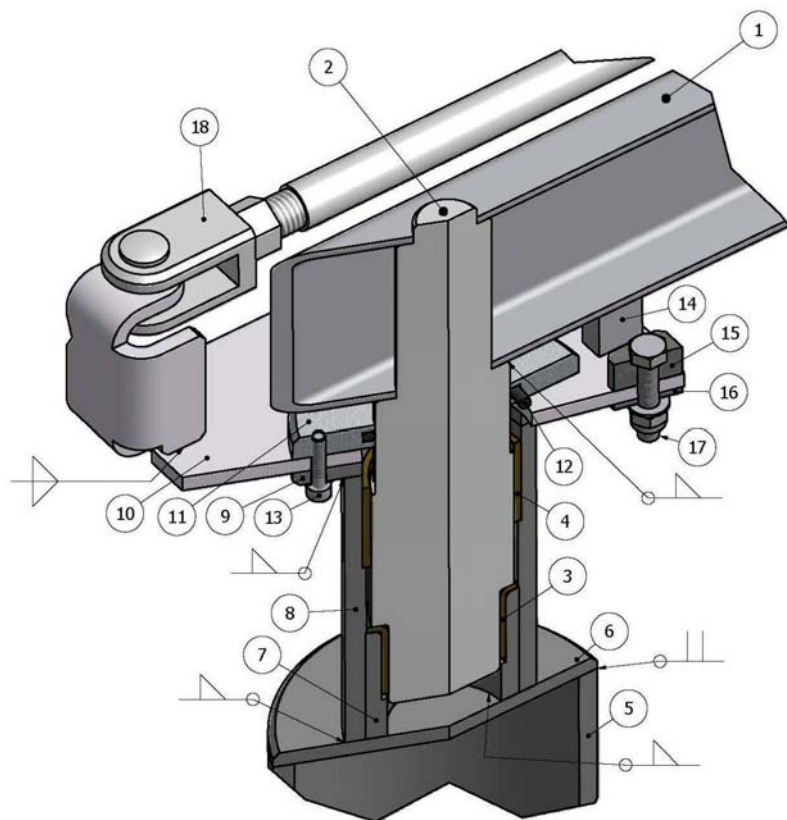
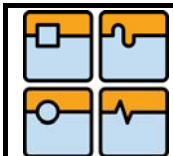
Válec je k profilu manipulátoru přichycen pomocí protiložiska (ok: C75C40), které je k profilu přivařeno.



Obr.4.11 – Grafické řešení zdvihu válce

4.5 NÁVRH ULOŽENÍ RAMENE MANIPULÁTORU

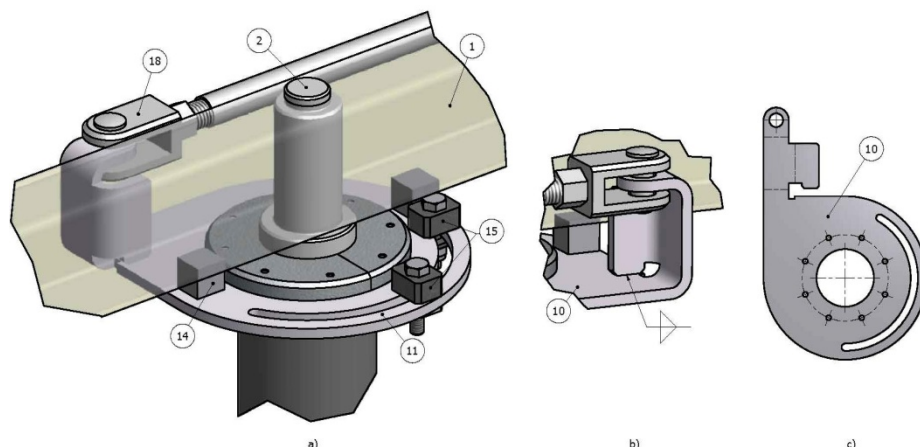
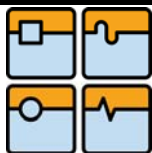
Jak je patrné na Obr.4.12 do profilu ramene manipulátoru (1) jsou vyvrtány dvě souosé díry rozdílných průměrů, do kterých je zasazen a přivařen hřídel (2). Hřídel je pak uložen ve stejné trubce pomocí kluzných ložisek firmy SKF. Kluzná ložiska jsem volil vzhledem k malé frekvenci otáčení a vyššímu zatížení při kompaktních rozměrech. V obou případech se jedná o suchá ložiska z kompozitního materiálu, které nevyžadují údržbu. Spodní ložisko (3) je axiálně-radiální PCMF 353926 E a horní ložisko (4) radiální PCM 455030 B. Obě ložiska vyhovují dle on-line výpočtu výrobce při daném zatížení.



Obr.4.12 - Řez uložením ramene manipulátoru

Na horní konec stojné trubky (5)(ČSN 425715 102-1056) je přivařen kruhový plech tloušťky 5mm (6). Trubka (8)(ČSN 425715 60.3-100) je na spodním konci po délce 45mm vybroušena na průměr 48,3mm, do kterého je nalisována trubka (7)(ČSN 425715 48.3-40), obě jsou přivařeny koutovým svařem k plechu (6). Horní vnitřní průměrem trubky (7) je vybroušen na 39mm po délce 30mm, do kterého je nalisováno ložisko (3). K hornímu okraji trubky (8) je přivařena plechová příruba (9) tloušťky 5mm s 8 dírami ($\varnothing 4,3\text{mm}$), vnitřní průměr trubky je vybroušen po délce 35mm na průměr 50mm, ve kterém je nalisováno ložisko (4). Příruba sešroubována s dvojdílnou objímkou (11) a svírají mezi sebou nosný plech (10), ke kterému je uchycena pístní tyč (18) a dorazy (15 až 17). Objímka je dvojdílná, jelikož její vnitřní průměr je menší než největší průměr hřídele, a to z důvodu zabránění posuvu hřídele směrem nahoru. Objímka má tloušťku 8mm, každá její polovina má 4 díry se závitem M4 pro spojovací šrouby (13)(ČSN 02 1143 M4x18) a vnitřní drážku pro těsnící O-kroužek (12).

Nosný plech (10) je výpalek z plechu (Obr.4.13-c), jehož část je ohnuta a tvoří oko pro uchycení pístní tyče pneumatického válce pomocí vidlice (18)(ok: GMK-12-24A). Boční ohnutí je přivařeno k neohnuté části plechu (Obr.4.13-b) a slouží jako opěra proti ohnutí. V plechu je rovněž drážka sloužící k upnutí dorazů (15), o které se zastaví rameno díky navařeným tyčovým přířezům (14). Dorazy jsou přířezy tyčového profilu s průchozí dírou, uchyceny šroubem (ČSN EN 24018 M6x30) a samosvornou maticí (ČSN 02 1492 M6), na nárazové straně je nalepena pryž pro tlumení hluku. Samotné dorazy lze seřadit v rozsahu drážky (140°) a nosný plech lze přestavit o úhlovou rozteč děr (45°).



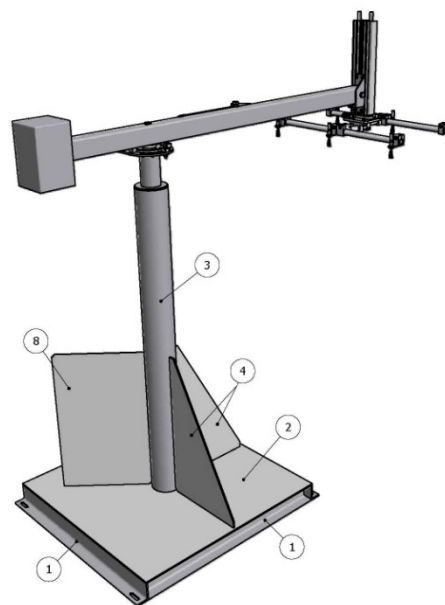
Obr.4.13 - Uchycení pístní tyče: a) celková pohled

b) detail ohnutí nosného plechu

c) rozvin nosného plechu

4.6 ŘEŠENÍ STOJANU MANIPULÁTORU

Stojan má čtvercovou podstavu svařenou ze čtyř L-profilů (Obr.4.13 (1)) (ČSN 425545 - L60x40x5-500). U dvou bočních profilů je na každém konci drážka pro uchycení manipulátoru k zemi. Přes L-profilů je navařen plech tloušťky 5mm (2), který je zespod vyztužen křížovou podpěrrou z pásu plechu tloušťky 3mm a šířky 25mm. Uprostřed plechu je navařena stojná trubka (3)(ČSN 425715 102-1056), která nese ložiska a rameno manipulátoru. Trubka je podepřena opěrnými plechy (4) tloušťky 5mm v nejvíce zatížených místech vlivem síly přenášené od dorazů. Plech (8) je přivařen k trubce a podstavě a slouží k uchycení jednotky úpravy vzduchu, ventilů, ejektorů a vývodu ovládacích vodičů. Plech má tloušťku 3mm a díry pro uchycení komponent budou vyvrtány při jejich montáži.



Obr.4.14 - Stojan manipulátoru

5. PNEUMATICKÉ A OVLÁDACÍ PRVKY

K manipulátoru je přiveden tlakový vzduch z centrální kompresorovny o tlaku 0,5MPa. Hadice z rozvodu vzduchu je připojena k pneumatickému okruhu manipulátoru (viz příloha 2) ručně ovládaným ventilem 3/2 (ok: HVS20-F02) sloužícímu k uzavření pneumatického okruhu při údržbě. Za ventilem je zařazena jednotka úpravy vzduchu (ok: AW20-F02CH). Jedná se o filtr/regulátor tlaku s automatickým odlučovačem vlhkosti a manometrem. Regulátor slouží pro počáteční (případně údržbové) nastavení tlaku v okruhu a dá se snadno odečíst z vestavěného manometru.

Filtr je základní a tvoří kombinaci filtru pro odstranění mechanických nečistot a odlučovače vody. Není-li vodní pára úplně odstraněna v centrálním rozvodu, odloučí se zbytky kondenzátu v základním filtru. Dále vložka filtru zachytí nečistoty, jakými jsou drobné částice prachu, rzi, těsnícího materiálu apod.^[2]

Za jednotkou úpravy vzduchu je dvoustupňový bezpečnostní ventil (ok: EAV2000-F02-5YO-Q) a nástrčná spojka se třemi vývody (ok: KQ2VT06-02S) rozděluje obvod do tří větví.



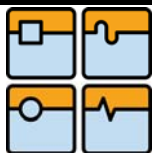
Obr.4.15 - Jednotky úpravy vzduchu řady AW [3]

5.1 VĚTEV KYVNÉHO POHONU

K ovládání pneumatického válce slouží bistabilní ventil 5/2. Ventil je bistabilní z důvodu relativně dlouhého čekacího času ve výchozí poloze před a po uchopení přeložkového papíru. Bistabilní ventil po přivedení ovládacího signálu ve formě elektrického impulzu přestaví do požadované polohy. Pneumatický válec do dalšího impulzu zůstává ve své pozici bez nutnosti neustálého přivádění elektrického proudu (24V). Na přívodu i vývodu z válce jsou umístěny škrťací ventily (ok: AS2201F-02-06S) sloužící k doregulování tlaků potřebných pro otáčení ramene manipulátoru. Pneumatické válec (ok: CD75E40-160C-A) je osazen dvěma jazýčkovými snímači polohy (ok: D-A73CL) pro zjištění okamžiku dojetí válce do koncové polohy.

5.2 VĚTEV ZDVIHU

Pneumatický válec zdvihu je ovládán monostabilním ventilem 5/2 (ok: EVS7-10-FG-S-3CVO), který je připojen k přívodní hadici pomocí nástrčné přímé spojky (ok: KQ2S06-01S). Válec je jako v předchozím případě regulován škrťacími ventily s ohledem na nutnost volného spouštění koncového efektoru. Jelikož se zdvih mění při každé manipulaci je válec opatřen pouze jedním jazýčkovým snímačem (ok: D-A93L), a to pro horní koncovou polohu.



5.3 VĚTEV VAKUA

Spouštění a vypínání vakua je řízeno elektromagnetickým ventilem 3/2 (ok: EVT307-5DO-01F), za kterým je regulátor tlaku (ok: AR20-01F) sloužící k nastavení požadované hodnoty vakua. Větev se pak dělí pomocí dvojité úhlové nástrčné spojky (ok: KQ2LU06-00) na totožné větve. Každá z větví obsahuje jednostupňový ejektor s tlumičem hluku (ok: EZH10BS-06-F01) pro vytvoření vakua.


Ejektory (proudové vývěvy) jsou alternativním řešením k mechanickým vývěvám. Pracují na principu Venturiho trubice. Jako zdroj primární energie slouží stlačený vzduch, přivedený do trysky ejektoru. Předností ejektorů je, že se nepotřebovávají (bezúdržbové), snadná montáž, nezahřívají se při provozu, kompaktní rozměry a hmotnost, hodnotu podtlaku lze snadno regulovat tlakem vzduchu, přiváděného do trysky.^[2]



Obr.4.16 - Ejektory řady ZH [3]

Za ejektorem je zařazen vakuometr, pro snadné odečítání při nastavování vakua, a vakuový filtr (ok: ZFB200-06) pro filtraci útržků přeložkového papíru a jiných nečistot. Vakuum je vedeno polyuretanovou hadicí průměru 6mm ke konci ramene manipulátoru, která je pomocí přímé nástrčné spojky (ok: KQ2H06-00) spojena s polyuretanovou spirální jednožilnou hadí (ok: TCU0604B-1) napojenou na nástrčnou spojku s třemi vývody (ok: KQ2VT06-01S) přišroubovanou ke nosné konstrukci přísavek (Obr.4.3). Spirální hadice se natahuje v závislosti na aktuálním zdvihu pneumatického pohonu. Od nástrčné spojky vedou vývody k jednotlivým přísavkám.

Jednotka úpravy vzduchu, ejektory, vakuometry, vakuové filtry a ventily jsou přišroubované na plech k tomu určený (viz výše). Všechny ventily a jazýčkové snímače pracují s proudem 24V a jsou ovládány (popřípadě posílají signál) centrální řídicí jednotkou celého pracoviště. Hadice pro tlakový vzduch a vakuum jsou přichyceny pomocí plastových stahovacích objímek ke stejné trubce či rameni manipulátoru.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

6. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo konstrukční řešení vybrané části pracoviště pro skládání keramických filtrů, a to manipulátoru na přeložkový papír.

V práci jsou popsány jednotlivé úseky pracoviště, jejich funkce a dále popsány nutné úkony obsluhy.

Manipulátor přeložkového papíru byl konstrukčně řešen z velké většiny z normalizovaných snadno dostupných dílů (trubek, profilů, plechů) a součástí externích výrobců (pohony, ventily, přísavky). Bylo řešeno uchopování papíru. Vzhledem k vlastnostem papíru byl efektor navržen jako nosná konstrukce, z hliníkových trubek a úchytných prvků firmy KANYA, a vakuových přísavek. Toto řešení je výhodné, protože konstrukce je lehká a snadno sestavitelná a přestavitelná v případě změny rozměrů papíru.

Další důležitou částí bylo řešení pohonů, jak rotačního pohybu, tak zdvihu. Zdvih je řešen pneumatickým válcem, který má výrazně nižší hmotnost a cenu než pohon elektrický. Nevýhodou je nemožnost jeho výškového nastavení, což bylo vyřešeno volným spouštěním efektoru. S tímto řešením souvisí delší čas, ale jelikož manipulátor čeká vždy na naskládání vrstvy filtrů, je tento problém zanedbatelný.

Rotační pohyb byl řešen kulisovým mechanismem s pneumatickým válcem, který byl opět volen vzhledem ke své nízké ceně a kompaktnosti. Průměr válce byl vypočítán pro co nejrychlejší otočení ramene manipulátoru.

Manipulátor taktéž obsahuje pneumatické prvky pro úpravu vzduchu, vytvoření vakua a elektromagnetické ventily pro jejich ovládání.

Výsledná konstrukce manipulátoru splňuje požadavky zadavatele. Lze snadno postavit, seřídít, jeho manipulační rychlost je dostatečná.

Při návrhu jsem vycházel ze znalostí načerpaných během studia a odborné literatury.

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] - KOLÍBAL, Z. Průmyslové roboty I : Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. 1. vyd. Brno : VUT Brno, 1993. 181 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [2] - SMC Training : Stlačený vzduch a jeho využití. 2. vyd. [s.l.] : [s.n.], [200-?]. 344 s.
- [3] - SMC : Přehled výrobků 08/1. [s.l.] : [s.n.], [2008]. 230 s.
- [4] – www.smc.cz
- [5] – www.kanya.cz
- [6] - Wikipedie : elektromotor [online]. 2009 [cit. 2009-05-26]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>>.
- [7] – www.skf.cz
- [8] – www.sickivp.com
- [9] - KUKA : průmysloví roboti [online]. 2009 [cit. 2009-05-26]. Dostupný z WWW: <http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/products/industrial_robots/small_robots/kr5_sixx_r850/start.htm>.
- [10] – KRATOCHVÍL, C, SLAVÍK, J. Mechanika těles: Dynamika. 4. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2007. 227 s. ISBN 978-80-214-3446-2.
- [11] – KOLÍBAL,Z.: Průmyslové Roboty II – Konstrukce výstupních hlavic a periferií. VUT Brno,1993
- [12] – PALKO,A.- SMRČEK,J.: Koncové efekторы priemyselne a servisne roboty.TU Košice,2004, ISBN 80-8073-218-3
- [13] – MATIŠKA,R.- TALÁCKO,J.: Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů. SNTL Praha, 1991

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr.1.1 - Filtry a přeložkový papír
- Obr.2.1 - Ukázka funkce 3D kamery
- Obr.2.2 - KR5sixxR850
- Obr.3.1 - Uspořádání "P"
- Obr.4.1 - Přísavky:
- Obr.4.2 - Uchycení přísavky
- Obr.4.3 - Konstrukce efektoru s přísavkami
- Obr.4.4 - Výškové schéma pracoviště
- Obr.4.5 - Válce MGP
- Obr.4.6 - Uchycení válce
- Obr.4.7 - Kyvný pohon s rotorem s jedním křídlem s úhlem 270°
- Obr.4.8 - Kyvný pohon s ozubeným hřebenem a pastorkem
- Obr.4.9 - Schéma statického namáhání manipulátoru
- Obr.4.10 - Schéma dynamického namáhání manipulátoru
- Obr.4.11 - Grafické řešení zdvihu válce
- Obr.4.12 - Řez uložením ramene manipulátoru
- Obr.4.13 - Uchycení pístní tyče
- Obr.4.14 - Stojan manipulátoru
- Obr.4.15 - Jednotky úpravy vzduchu řady AW
- Obr.4.16 - Ejektory řady ZH

9. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Schéma pracoviště

Příloha 2 – Pneumatické schéma manipulátoru

Příloha 3 – 3D model manipulátoru (CD)